Journal of Horticultural Science
https://jhs.um.ac.ir

Research Article
Vol. 37, No. 4, Winter 2024, p. 981-995

Evaluation of Morphological Traits and Essential Oil Constituents Diversity in Different Populations of *Achillea santolinoides* subsp. *wilhelmsii* (K. Koch) Greuter in Hamedan Province

M. Salehi[1*], R. Kalvandi[2], F. Salehi[3]

1- Assistant professor, Department of Horticultural Sciences and Engineering, Nahavand Higher Education Complex, Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran
(*- Corresponding author Email: mahtab.salehi@basu.ac.ir)
2- Assistant Professor, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Department of Natural Resources, Research and Education Center for Agricultural and Natural Resources, Hamedan, Iran
3- Ph.D. Graduate, Horticulture and Landscape Architecture Department, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran

Received: 29-11-2022
Revised: 13-04-2023
Accepted: 11-06-2023
Available Online: 11-06-2023

How to cite this article:
Salehi, M., Kalvandi, R., & Salehi, F. (2024). Evaluation of morphological traits and essential oil constituents diversity in different populations of *Achillea santolinoides* subsp. *wilhelmsii* (K. Koch) Greuter in Hamedan pProvince. *Journal of Horticultural Science*, *37*(4), 981-995. (In Persian with English abstract). https://doi.org/10.22067/jhs.2023.79842.1210

Introduction

The medicinal plants have been used in traditional medicine for a long time all over the world. Over 80% of the world population depends on herbal medicines and products for healthy living, and also, a large part of pharmaceutical materials are derived directly or indirectly from plant sources. According to the new approach to the use of medicines and herbal products, the investigation of the medicinal properties of endemic plants in each region, is of particular importance. Morphological and phytochemical traits of medicinal plants are affected by the different environmental conditions as well as genetic variations. Therefore, investigating the changes in morphological and phytochemical traits of different populations of these plants in various regions and identifying the amount and constituents of their essential oils, can be effective for creating a suitable field for their planting or breeding, as well as standardizing their derived medicine products. The *Achillea* genus, a medicinal plant belonging to the Asteraceae family, is highly diverse in terms of morphological characteristics and essential oil constituents. 19 species of herbaceous and aromatic plants of this genus have been identified in Iran, of which 7 species are endemic. Some of the *Achillea* species have therapeutic properties such as reducing blood pressure and lipids, sedative, antispasmodic, analgesic, wounds treatment, antiseptic properties, treatment of stomach pain and diarrhea, stopping bleeding, etc.

Materials and Methods

This study was conducted in May 2022 in order to evaluate the diversity of morphological traits and essential oil constituents of *A. santolinoides* subsp. *wilhelmsii* (K. Koch) Greuter populations in 11 regions of Hamedan province. The plant samples were collected in the flowering stage and after measuring some morphological traits (plant height, number of flowering stem, stem diameter, inflorescence diameter, fresh and dry weight of plant, number of inflorescence, number of leaf, etc.), they were dried in shade condition. In order to investigate the physical and chemical properties of soil, soil samples were collected from a depth of 30 cm. and were transferred to the soil laboratory. The essential oils were extracted using hydro-distillation method which lasted for 4 hours. Then they were analyzed by GC and GC/MS in the Institute of Medicinal Plants in Karaj. Gas chromatography

https://doi.org/10.22067/jhs.2023.79842.1210

was carried out on Agilent 6890. The grouping of populations based on morphological traits and essential oil constituents, was done by cluster analysis in SPSS using the Ward method. Also, the traits correlation (quantitative) was done using the Pearson method.

Results and Discussion

The results indicated that the Vahnan population exhibited the tallest plant height at 23.20 cm, a significant difference compared to other populations. Conversely, the Nazool population displayed the lowest plant height at 13.60 cm. Regarding stem diameter, the Yalfan population showed the greatest diameter at 2.50 mm, a measure not significantly different from the populations of Islamabad, Nazool, and Varayeneh. In contrast, the Koohani population had the smallest stem diameter at 1.52 mm. The highest inflorescence diameter (4.30 cm) belonged to the Islamabad population, which statistically had no significant difference with the populations of Koohani, Vahnan and Yekan Abad, and the lowest (2.30 cm) was observed in Joorab population. The Vahnan population had the highest number of inflorescence (6.20), which statistically had no significant difference with Islam Abad, Zanganeh, Koohani, Yekan Abad and Nazool populations, and the lowest was related to the Yalfan population (3.40). The maximum leaf length was related to Varayeneh population (3 cm), which was statistically not significantly different from Yalfan, Islam Abad and Vahnan populations, and the lowest was related to Naseh Abad population (1.70 cm). Varayeneh and Yekan Abad populations respectively had the largest leaf width (4 mm and 3.80 mm) and the lowest leaf width (2 mm) was observed in the Joorab population. The highest number of flowering stems (13.80) and the maximum number of leaves (168) were belonged to Nazool population, and the lowest number of flowering stems (3.80) was related to Naseh Abad population and the lowest number of leaves (61) was related to Koohani population. Regarding the fresh and dry weight of the plant, the highest values of these traits (3.92 and 2.24 gr, respectively) was related to the Yalfan population and the lowest (1.60 and 0.79 gr, respectively) was related to the Naseh Abad population. Analysis of the essential oils chemical compositions using GC-MS, showed 28 compounds. Camphor, Fragranol, α-pinene, 1,8-cineole and Sabinene were the main constituents of the essential oil. The essential oils yield varied from 0.3 to 0.6% which the highest was related to Varayenh and Nazool populations (0.6%) and the lowest belonged to Heydareh Bala Shahr population (0.3%). Also, Islam Abad population (with the highest altitude), had the highest percentage of fragranol (43.29%). This indicates that environmental factors similar to genetic factors are effective in creating diversity in morphological and phytochemical characteristics of this plant.

Conclusion

Identifying the compounds in the Iranian native plants, can provide a suitable field for the practical use of its plant resources and may be the basis of breeding programs. The various studies conducted on different species and populations of *Achillea* genus, have mentioned the valuable use of their extracts and essential oils in various fields such as pharmaceutical industries (in order to standardizing medicinal products), food, health cosmetics, making insecticides, etc. Researchers who have studied the essential oils of different populations of *Achillea* species in many regions of Iran, have emphasized on the significant difference between type and amount of the essential oil constituents. In this study, compounds such as Camphor, Fragranol, α-pinene, 1,8-cineole and Sabinene were the main components of the populations essential oils. Since fragranol is used in manufacturing the insecticides and pheromones, Islam Abad population can be used in this industry due to having high fragranol (43.29%). Also, due to the high amount of camphor in the essential oils of most of the studied populations and many uses of this compound, it can be used as an important economic resource in the health-cosmetics and pharmaceutical industries to make various creams and ointments.

Keywords: Camphor, Diversity, Essential oil, Fragranol, 1,8-cineole

نشریه علوم باغبانی
https://jhs.um.ac.ir

مقاله پژوهشی
جلد ۳۷، شماره ٤، زمستان ١٤٠٢، ص. ۹۹۵-۹۸۱

بررسی تنوع صفات مورفولوژیکی و ترکیبات اسانس جمعیت‌های مختلف بومادران (*Achillea santolinoides* subsp. *wilhelmsii* (K. Koch) Greuter) در استان همدان

مهتاب صالحی[1*] ـ رمضان کلوندی[2] ـ فروزان صالحی[3]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۹/۰۸
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۳/۲۱

چکیده

جنس بومادران (*Achillea*) گیاه دارویی متعلق به تیره کاسنی است که از نظر خصوصیات مورفولوژیکی و ترکیبات اسانس، از تنوع بالایی برخوردار است. ۱۹ گونه گیاه علفی و معطر از این جنس، در ایران شناسایی شده‌اند که ۷ گونه آن، انحصاری کشورمان است. با توجه به خواص درمانی این گیاه و کاربرد آن در صنایع غذایی، آرایشی ـ بهداشتی و دارویی، بررسی مقدار و اجزای تشکیل‌دهنده اسانس آن، از اهمیت زیادی برخوردار است. این پژوهش، به منظور ارزیابی تنوع صفات مورفولوژیکی و ترکیباتِ اسانسِ ۱۱ جمعیت گیاه بومادران در مناطق مختلف استان همدان در خردادماه ۱۴۰۱ به اجرا درآمد. نمونه‌های گیاهی در مرحله گلدهی، جمع‌آوری و پس از اندازه‌گیری برخی صفات مورفولوژیکی، در سایه خشک گردید. پس از استخراج اسانس به روش تقطیر با آب، اجزای تشکیل‌دهنده اسانس، با استفاده از دستگاه کروماتوگراف گازی (GC) و کروماتوگراف گازی متصل به طیف‌سنج جرمی (GC-MS) مورد شناسایی و تعیین مقدار قرار گرفت. عملکرد اسانس‌ها از ۰/۳ تا ۰/۶ درصد متغیر بود. نتایج نشان داد که بیش‌ترین میزان اسانس متعلق به جمعیت‌های 'وراینه' و 'نازول' (۰/۶٪) و کم‌ترین میزان اسانس مربوط به جمعیت 'حیدره بالا شهر' (۰/۳٪) بود. بیشترین وزن تر و خشک گیاه، مربوط به جمعیت 'یلفان' (به‌ترتیب ۳/۹۲ و ۲/۲۴ گرم) و کم‌ترینِ آنها مربوط به جمعیت 'ناصح‌آباد' (به‌ترتیب ۱/۶۰ و ۰/۷۹ گرم) بود. همچنین، ۲۸ ترکیب در اسانس شناسایی شد و تنوع زیادی در میزان و اجزای تشکیل‌دهنده اسانس در جمعیت‌های مورد مطالعه وجود داشت. کامفور، فراگرانول، آلفا ـ پینن، ۱و۸ ـ سینئول و سابینن، اجزای اصلی تشکیل‌دهنده اسانس بودند. با توجه به نتایج حاصل از آزمایش، جمعیت 'اسلام‌آباد' با بالاترین ارتفاع از سطح دریا، دارای بیشترین درصد فراگرانول (۴۳/۲۹٪) بود. این موضوع نشان می‌دهد که عوامل محیطی نیز همانند عوامل ژنتیکی، در ایجاد تنوع در خصوصیات مورفولوژیکی و فیتوشیمیایی از جمله تنوع در میزان و ترکیبات تشکیل‌دهنده اسانس، مؤثر هستند.

واژه‌های کلیدی: اسانس، تنوع، فراگرانول، کامفور، ۱و۸ ـ سینئول

۱ ـ استادیار گروه علوم و مهندسی باغبانی دانشگاه بوعلی سینا، مجتمع آموزش عالی نهاوند (ویژه دختران)، همدان، ایران
(*- نویسنده مسئول: Email: mahtab.salehi@basu.ac.ir)
۲ ـ عضو هیأت علمی سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان همدان، همدان، ایران
۳ ـ دانش‌آموخته مقطع دکتری، گروه علوم باغبانی و مهندسی فضای سبز، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران
https://doi.org/10.22067/jhs.2023.79842.1210

مقدمه

جنس بومادران (*Achillea*) بیش از ۱۱۵ گونه را شامل می‌شود (Zargari, 1996) که در سراسر جهان ازجمله در آسیا (ایران، افغانستان، پاکستان، عراق و سوریه) و اروپا (ترکیه و قفقاز) پراکنده شده‌اند (Mozaffarian, 2015). ۱۹ گونه گیاه علفی چندساله و معطر از این جنس در ایران شناسایی شده‌اند که ۷ گونه آن، انحصاری کشورمان است (Zargari, 1996; Mozaffarian, 1996). این گونهٔ دارویی در ایران، به صورت وحشی و رویشگاهی، در نواحی دامنه‌ای کوهستانی، کنار جاده‌ها، اطراف مزارع و باغ‌ها در استان‌های گلستان، آذربایجان‌های شرقی و غربی، کردستان، کرمانشاه، ایلام، همدان، لرستان، مرکزی، اصفهان، یزد، چهارمحال و بختیاری، فارس، کرمان، بوشهر، هرمزگان و سیستان و بلوچستان، سمنان و تهران رویش دارد (Mozaffarian, 2015; Rechinger; 1986). گونه *A. wilhelmsii* نسبتا زودگل است که گل‌های آن کوچک و زرد می باشد. ارتفاع آن نسبت به گونه‌های دیگر، نسبتاً کم (حدود ۳۰ سانتی-متر) است (Ghani *et al.*, 2009). آب و هوای استان همدان به علت وجود کوه‌های مرتفع، رودخانه‌ها و پستی و بلندی‌های زیاد، بسیار متنوع است. این تنوع آب و هوایی به همراه نوع خاک، ارتفاع و سایر شرایط محیطی، موجب شده است تا انواع پوشش‌ها و گونه‌های متفاوت گیاهی در نقاط مختلف استان مشاهده شود (Statistical Center of Iran, 2012). انعطاف‌پذیری ژنتیکی جمعیت‌های گیاهی، سبب تنوع و تغییر تدریجی آنها در مناطق مختلف جغرافیایی شده و جمعیت‌های یک گونه را به‌وجود می‌آورد که از نظر صفات نموی، فیزیولوژیکی، شیمیایی، بوتانیکی و نهایتاً ژنتیکی از یکدیگر متمایز می‌باشند (Nemeth & Bernath, 2008). از مهم‌ترین خصوصیات ویژه یک برنامه اصلاحی در درون جامعه گیاهی، وجود تنوع ژنتیکی است (Fathalipoor *et al.*, 2014). تأثیر عوامل محیطی بر تولید مواد مؤثره دارویی، مسئله بسیار پیچیده‌ای است و این عوامل ازجمله نور، آب و هوا، خشکی محیط، ارتفاع از سطح دریا و عوامل خاک می‌توانند بر مقدار کل ماده مؤثره، اجزای اسانس و زیست‌توده تولیدی گیاه تأثیرگذار باشند (Omidbaigi, 2013).

گونه‌های جنس بومادران (*Achillea*) شامل مجموعه‌ای از ترکیبات دارویی مانند ترپن‌ها، فلاونوئیدها، آلکالوئیدها، مواد تلخ‌مزه، تانن‌ها، لیگنان‌ها و غیره هستند (Aburjai & Hudaib, 2006) به همین دلیل در طب عامیانه به عنوان آرام‌بخش، تنظیم‌کننده قاعدگی، ضد التهاب، ضد درد، درمان‌کننده اختلالات کبدی، تب و سرفه (Zargari, 1996) و همچنین به عنوان ادرارآور، التیام‌دهنده زخم، ضد اسپاسم، ضدعفونی‌کننده و درمان‌کننده درد معده و اسهال، کاهش تعریق و بند آوردن خونریزی مورد استفاده قرار گرفته‌اند (Nemeth & Bernath, 2008). در مطالعات دیگر، به خاصیت بومادران (*A. wilhelmsii*) در کاهش فشار خون و چربی خون اشاره شده است. این اثرات می‌تواند به دلیل محتوای بالای فلاونوئیدها و لاکتون‌های سسکوئی‌ترپن در این گیاه باشد (Javidnia *et al.*, 2004; Asgary *et al.*, 2000). همچنین بوی تند این گیاه، سبب دور کردن حشرات موذی (Caius, 2012) و از بین رفتن آنها می‌شود (Kesdek *et al.*, 2015).

مطالعات صورت‌گرفته، تنوع زیادی را در اجزای تشکیل‌دهنده اسانس بومادران نشان می‌دهند. جاویدنیا و همکاران (Javidnia *et al.*, 2004) با بررسی اسانس *A. wilhelmsii* جمع‌آوری‌شده از کازرون، ۵۷ ترکیب را در اسانس شناسایی کردند که اجزای اصلی اسانس عبارت بودند از: کارواکرول (۲۵/۱٪)، لینالول (۱۱٪)، ۱و۸ ـ سینئول (۱۰/۳٪)، (ای) ـ نرولیدول (۹٪) و بورنئول (۶/۴٪). در اسانسِ برگِ بومادران (*A. wilhelmsii*) جمع‌آوری‌شده از منطقه نکا، ۱۵ ترکیب به دست آمد که اصلی‌ترین آنها عبارت بودند از: کامفور (۲۴/۱٪)، بورنئول (۱۱/۱٪) و ۱و۸ ـ سینئول (۲۲/۳٪). همچنین ۱۹ ترکیب در اسانسِ گلِ این گیاه شناسایی شد که کامفور (۲۱/۲٪)، میرتنول (۱۴/۴٪)، میرتنیل استات (۸/۹٪)، یوموگی الکل (۸/۷٪) و بورنئول (۸/۲٪) ترکیبات عمده آن را تشکیل می‌دادند (Azadbakht *et al.*, 2003). براساس گزارش جایمند و همکاران (Jaimand *et al.*, 2008)، ترکیبات عمده شناسایی شده در اسانس بومادران (*A. wilhelmsii*) جمع‌آوری‌شده از سمیرم، به ترتیب در گل و برگ این گیاه عبارت بودند از: پارا ـ سایمن (۳۳/۳ ٪ و ۳۱/۵٪)، ترفینولن (۱۱/۲٪ و ۱۲/۳٪) و آلفا ـ توجن (۱۰/۹٪ و ۷/۱٪). در مطالعه دیگری که روی ترکیبات اسانس سه گونه بومادران (*A. wilhelmsii*, *A. millefolium*, *A. biebersteinii*) در آذربایجان شرقی انجام شد، در گونه *wilhelmsii* ، ترکیباتی مانند کارواکرول (۲۹/۲٪)، لینالول (۱۰/۳٪)، ۱و۸ ـ سینئول (۱۱٪)، (ای) ـ نرولیدول (۸/۴٪) و بورنئول (۵/۰۴٪) گزارش گردید (Dehghan & Elmi, 2014). از آنجا که بومادران، یکی از گونه‌های مهم از لحاظ ترکیبات دارویی و معطر است، پژوهشی با هدف بررسی تنوع صفات مورفولوژیکی و ترکیبات اسانس برخی جمعیت‌های این گیاه در مناطق مختلف استان همدان انجام شد.

مواد و روش‌ها

به‌منظور بررسی ویژگی‌های مورفولوژیکی و ترکیبات اسانس گیاه بومادران (*A. santolinoides* subsp. *wilhelmsii* (K. Koch) Greuter)، ۱۱ جمعیتِ این گیاه از مناطق مختلف استان همدان شامل 'کوهانی'، 'وراینه' و 'اسلام‌آباد'، 'حیدره بالا شهر'، 'یکن‌آباد'،

'وهنان'، 'یلفان'، 'ناصح‌آباد'، 'جوراب'، 'زنگنه' و 'نازول' در مرحله گلدهی در نیمه اول خردادماه سال ۱۴۰۱ جمع‌آوری گردید (جدول ۱: مشخصات جغرافیایی رویشگاه‌ها). انتخاب مناطق جمع‌آوری این گیاه در استان همدان، براساس فلور ایران (Safavi *et al.*, 2013) صورت گرفت. برای شناسایی و تفکیک این گونه از گونه‌های مشابه، در هرباریوم مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان همدان، بررسی لازم صورت گرفت و جمعیت‌ها به ترتیب مناطق جمع‌آوری گیاه، با کدهای هرباریومی (از شماره ۸۹۴۶ تا ۸۹۵۶) و نام علمی *Achillea santolinoides* subsp. *wilhelmsii* (K. Koch) Greuter مشخص گردیدند (شکل ۱). صفات مورفولوژیکی شامل ارتفاع گیاه، طول و عرض برگ و قطر گل‌آذین با استفاده از خط‌کش، وزن تر و خشک گیاه با ترازوی آزمایشگاهی و قطر ساقه با استفاده از کولیس اندازه‌گیری و همچنین تعداد ساقه گل‌دهنده، تعداد گل‌آذین و تعداد برگ شمارش گردید. به‌منظور بررسی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک، نمونه خاکی تا عمق ۳۰ سانتی‌متری از هر منطقه، جمع‌آوری (Azarnivand *et al.*, 2010) و نمونهٔ خاک‌ها به آزمایشگاه خاک منتقل گردید (جدول ۱: نتایج آنالیز خاک). نمونه‌های گیاهی پس از جمع‌آوری در مرحله گلدهی کامل، در سایه در دمای حدود ۳۰-۲۵ درجه سانتی‌گراد خشک شدند. سپس تا زمان اندازه‌گیری اسانس، در پاکت کاغذی در آزمایشگاه با دمای ۳±۲۲ درجه سانتی‌گراد و دور از نور خورشید به مدت یک ماه نگهداری شدند. برای تهیه اسانس، مقدار ۱۰۰ گرم از گیاه خشک به روش تقطیر با آب و توسط دستگاه کلونجر به‌مدت چهار ساعت اسانس گیری شد (British pharmacopoeia, 1988). آبگیری نمونه‌ها با استفاده از سولفات سدیم خشک انجام شد. درصد اسانس، به‌صورت حجمی/ وزنی تعیین گردید. جهت تجزیه نمونه‌های اسانس و اندازه‌گیری ترکیبات موجود در آن، از دستگاه کروماتوگراف گازی (GC) و کروماتوگراف گازی متصل به طیف‌سنج جرمی (GC/Mass) در پژوهشکده گیاهان دارویی کرج استفاده شد. دستگاه کروماتوگرافی استفاده‌شده از نوع Agilent 6890 با ستونی به طول ۳۰ متر، قطر داخلی ۰/۲۵ میلی‌متر و ضخامت لایه ۰/۲۵ میکرومتر از نوع BPX-5 بود. برای شناسایی ترکیبات تشکیل‌دهنده اسانس، نمونه که توسط n ـ هگزان رقیق شده بود به مقدار ۱ میکرولیتر به دستگاه GC-Mass تزریق شد. برنامه دمایی ستون به‌صورت زیر تنظیم گردید: دمای ابتدایی آون، ۵۰ درجه سانتی‌گراد و توقف در این دما به مدت ۵ دقیقه، گرادیان حرارتی ۳ درجه سانتی‌گراد در هر دقیقه، افزایش دما تا ۲۴۰ درجه سانتی‌گراد و سپس با سرعت ۱۵ درجه در هر دقیقه، افزایش دما تا ۳۰۰ درجه سانتی‌گراد و ۳ دقیقه توقف در این دما و زمان پاسخ ۷۵ دقیقه بود. دمای اتاقک تزریق، ۲۵۰ درجه سانتی‌گراد به صورت split 1:35 بود و از گاز هلیوم به‌عنوان گاز حامل با سرعت جریان ۰/۵ میلی‌متر در دقیقه استفاده گردید. طیف نگار جرمی مورد استفاده مدل Agilent 5973 با ولتاژ یونیزاسیون ۷۰ الکترون‌ولت، روش یونیزاسیون EI و دمای منبع یونیزاسیون ۲۲۰ درجه سانتی‌گراد بود. محدوده اسکن مس‌ها از ۴۰ تا ۵۰۰ نانومتر تنظیم گردید. نرم‌افزار مورد استفاده ChemStation بود. شناسایی طیف‌ها به کمک شاخص بازداری آنها و مقایسه آن با شاخص‌های موجود در کتب مرجع و با استفاده از طیف‌های جرمی و ترکیبات استاندارد و استفاده از اطلاعات موجود در کتابخانه دیجیتال دستگاهی صورت گرفت (McLafferty & Stauffer, Adams, 2001 ; 1989). داده‌های این مطالعه با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS(9.2) در سطح احتمال پنج و یک درصد، تجزیه آماری شدند. قابل ذکر است که آنالیز اجزای اسانس، با یک تکرار انجام شد. برای مقایسه میانگین‌ها، از آزمون دانکن استفاده گردید. گروه‌بندی جمعیت‌ها، براساس صفات مورفولوژیکی و ترکیبات اسانس و از طریق تجزیه کلاستر به‌وسیله نرم‌افزار SPSS به روش «وارد» انجام شد. همبستگی صفات (کمّی) نیز به روش «پیرسون» انجام شد.

نتایج و بحث

مقایسه میانگین صفات مورفولوژیکی نشان داد که بیش‌ترین میزان ارتفاع گیاه (۲۳/۲۰ سانتی‌متر) مربوط به جمعیت 'وهنان' بود که با سایر جمعیت‌ها تفاوت معنی‌داری داشت و کم‌ترینِ آن مربوط به جمعیت 'نازول' (۱۳/۶۰ سانتی‌متر) بود. همچنین بیش‌ترین مقدار قطر ساقه (۲/۵۰ میلی‌متر) مربوط به جمعیت 'یلفان' بود که از نظر آماری، با جمعیت 'اسلام‌آباد'، 'نازول' و 'وراینه' تفاوت معنی‌داری نداشت و کم‌ترین مقدار قطر ساقه در جمعیت 'کوهانی' (۱/۵۲ میلی‌متر) مشاهده شد. بیش‌ترین قطر گل‌آذین (۴/۳۰ سانتی‌متر) مربوط به جمعیت 'اسلام‌آباد' بود که از نظر آماری با جمعیت‌های 'کوهانی'، 'وهنان' و 'یکن‌آباد' تفاوت معنی‌داری نداشت و کمترین قطر گل‌آذین (۲/۳۰ سانتی‌متر) در جمعیت 'جوراب' مشاهده گردید. جمعیت 'وهنان' با ۶/۲۰ دارای بیشترین تعداد گل‌آذین بود که از نظر آماری با جمعیت‌های 'اسلام‌آباد'، 'زنگنه'، 'کوهانی'، 'یکن‌آباد' و 'نازول' تفاوت معنی‌داری نداشت و کمترین تعداد گل‌آذین، مربوط به جمعیت 'یلفان' (۳/۴۰) بود. بیش‌ترین میزان طول برگ مربوط به جمعیت 'وراینه' (۳ سانتی‌متر) بود که از نظر آماری با جمعیت‌های 'یلفان'، 'اسلام‌آباد' و 'وهنان' تفاوت معنی‌داری نداشت و کمترین طول برگ مربوط به جمعیت 'ناصح‌آباد' (۱/۷۰ سانتی‌متر) بود.



جمعیت ‘کوهانی’ (Koohani population)



جمعیت ‘ورایِنه’ (Varayeneh population)



جمعیت ‘اسلام‌آباد’ (Eslam Abad population)



جمعیت ‘یکن‌آباد’ (Yekan Abad population)



جمعیت ‘وهنان’ (Vahnan population)



جمعیت ‘یلفان’ (Yalfan population)



جمعیت ‘جوراب’ (Joorab population)



جمعیت ‘نازول’ (Nazool population)

شکل ۱ ـ تصاویر برخی جمعیت‌های *Achillea santolinoides* subsp. *wilhelmsii* (K. Koch) Greuter در استان همدان

Figure 1- Photos of some *Achillea santolinoides* subsp. *wilhelmsii* (K. Koch) Greuter populations in Hamedan Province

جدول ۱ ـ خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک و مشخصات جغرافیایی رویشگاه‌های *A. santolinoides* subsp. *wilhelmsii* (K. Koch) Greuter

Table 1- Physical and chemical properties of the soil and geographical characteristics of *A. santolinoides* subsp. *wilhelmsii* (K. Koch) Greuter habitats

ویژگی‌ها Properties / رویشگاه‌ها Habitats	طول جغرافیایی Longitude	عرض جغرافیایی Latitude	ارتفاع از سطح دریا Altitude (m)	میانگین مجموع بارندگی ده ساله 10-years total rainfall mean (mm)	میانگین دمای ده ساله 10-years temperature mean (°C)	هدایت الکتریکی Electrical conductivity ($ds.m^{-1}$)	کربن آلی Organic carbon (%)	پتاسیم قابل دسترس Available potassium (ppm)	فسفر قابل دسترس Available phosphorus (ppm)	نیتروژن قابل جذب Absorbable nitrogen (%)	کربنات کلسیم Calcium carbonate (%)	اسیدیته گل اشباع Saturated soil acidity
کوهانی Koohani	34° 09′	48° 24′	1730	400	14.3	0.72	0.10	150	18	0.01	38	8.33
وراینه Varayeneh	34° 05′	48° 24′	1817	420	13	0.87	0.78	266	12	0.07	21	8.26
اسلام‌آباد Eslam Abad	34° 02′	48° 16′	2245	410	13.3	0.39	1.40	687	62	0.10	1	8.21
حیدره بالا شهر Heydareh Bala Shahr	34° 48′	48° 28′	1870	320	11.2	0.75	0.94	266	29	0.09	1	8.07
یکن‌آباد Yekan Abad	34° 52′	48° 27′	1755	310	11.9	2.00	1.17	618	23	0.10	12	8.34
وهنان Vahnan	34° 53′	48° 19′	1851	312	11.3	0.83	0.82	404	16	0.08	13	8.20
یلفان Yalfan	34° 46′	48° 35′	1929	315.7	11.1	0.92	0.59	212	21	0.05	29	8.33
ناصح‌آباد Naseh Abad	34° 18′	48° 41′	1703	335	13.3	1.58	1.30	588	16	0.10	19	8.50
جوراب Joorab	34° 13′	48° 53′	1823	337	13.1	1.21	1.40	350	61	0.10	15	8.53
زنگنه Zanganeh	34° 09′	48° 59′	1950	335	13.4	0.94	0.90	258	35	0.09	9	8.52
نازول Nazool	34° 13′	48° 42′	1822	320	13.9	0.92	1.09	519	34	0.10	17	8.49

جدول ۲ - مقایسه میانگین صفات مورفولوژیکی و اسانس جمعیت‌های *A. santolinoides* subsp. *wilhelmsii* (K. Koch) Greuter

Table 2- Compare means of morphological traits and essential oil of *A. santolinoides* subsp. *wilhelmsii* (K. Koch) Greuter populations

صفت Trait / جمعیت Population	'کوهانی' Koohani	'وراینه' Varayeneh	'اسلام‌آباد' Eslam Abad	'حیدره بالا شهر' Heydareh Bala Shahr	'یکن‌آباد' Yekan Abad	'وهنان' Vahnan	'یلفان' Yalfan	'ناصح‌آباد' Naseh Abad	'جوراب' Joorab	'زنگنه' Zanganeh	'نازول' Nazool
ارتفاع گیاه Plant height (cm)	14.60e	19.80bc	21.20b	20.40b	18.80c	23.20a	20.40b	14.00e	14.40e	16.60d	13.60e
تعداد ساقه گل‌دهنده Number of flowering stem	4.20de	5.40cde	4.80cde	4.80cde	9.80b	5.80cd	5.20cde	3.80e	4.40cde	6.20c	13.80a
قطر ساقه Stem diameter (mm)	1.52g	2.21abc	2.46ab	1.89def	2.17bcd	2.09cde	2.50a	1.70fg	1.76fg	1.82ef	2.37abc
قطر گل‌آذین Inflorescence diameter (cm)	4.20ab	3.60c	4.30a	3.00de	3.80abc	3.80abc	3.70bc	2.80ef	2.30f	2.80ef	3.40cd
وزن تر گیاه Fresh weight of plant (gr)	1.98d	2.87c	3.16abc	1.61d	3.14abc	3.81ab	3.92a	1.60d	1.84d	2.03d	3.06bc
وزن خشک گیاه Dry weight of plant (gr)	1.10de	1.49cd	1.73bc	0.94e	1.97ab	2.04ab	2.24a	0.79e	0.83e	0.92e	1.46cd
تعداد گل‌آذین Number of inflorescence	5.80ab	4.20cd	6.00ab	5.00bc	5.80ab	6.20a	3.40d	5.00bc	5.00bc	6.00ab	5.80ab
طول برگ Leaf length (cm)	2.30def	3.00a	2.80ab	2.00fg	2.60bcd	2.70abc	2.90ab	1.70g	2.00fg	2.40cde	2.10ef
عرض برگ Leaf width (mm)	2.00d	4.00a	3.60ab	2.00d	3.80a	3.00bc	2.60cd	2.00d	2.00d	2.40cd	2.20d
تعداد برگ Number of leaf	61.00f	109.20de	77.00f	106.00de	136.00bc	119.00cd	150.40ab	98.00e	122.00cd	134.00bc	168.00a
اسانس Essential oil (%)	0.40c	0.60a	0.50b	0.30e	0.50b	0.50b	0.50b	0.40c	0.35d	0.40c	0.60a

در هر ردیف، میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک، تفاوت آماری معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد ندارند (با استفاده از آزمون چنددامنه‌ای دانکن).

In each row, means with at least one similar letter, are not significantly different based on Duncan's multiple range ($P<0.05$).

جمعیت‌های 'وراینه' و 'یکن‌آباد' به‌ترتیب دارای بیشترین عرض برگ (۴ میلی‌متر و ۳/۸۰ میلی‌متر) بودند و کمترین عرض برگ (۲ میلی‌متر) در جمعیت 'جوراب' مشاهده شد. جمعیت 'نازول' دارای بیش‌ترین تعداد ساقه‌گل‌دهنده (۱۳/۸۰) و تعداد برگ (۱۶۸) بود و کمترین تعداد ساقه گل‌دهنده (۳/۸۰) مربوط به جمعیت 'ناصح‌آباد' و کمترین تعداد برگ (۶۱) مربوط به جمعیت 'کوهانی' بود. در مورد صفات وزن تر و خشک گیاه، بالاترین مقدار این صفات (به‌ترتیب ۳/۹۲ و ۲/۲۴ گرم) مربوط به جمعیت 'یلفان' و کم‌ترینِ آن (به‌ترتیب ۱/۶۰ و ۰/۷۹ گرم) مربوط به جمعیت 'ناصح‌آباد' بود (جدول ۲). در بین جمعیت‌های مورد مطالعه، تنوع زیادی در صفات مورفولوژیکی مشاهده شد. این تنوع بالا می‌تواند ناشی از اثرات محیطی یا ژنتیکی باشد. محققان، بخشی از تنوع صفات مورفولوژیکی در بین جمعیت های مختلفِ یک گونهٔ گیاهی را ناشی از شرایط رویشگاه طبیعی ازجمله دما، رطوبت، شدت و مدت تابش نور، وضعیت عناصر غذایی و بافت خاک دانسته و بخشی دیگر را به تنوع ژنتیکی بین جمعیت‌ها نسبت می‌دهند (Koike *et al.*, 2003). عوامل محیطی نیز همانند عوامل ژنتیکی در ایجاد تنوع در خصوصیات مورفولوژیکی و فیتوشیمیایی مؤثر هستند (Salehi & Kalvandi, 2020). وجود تنوع در صفات مورفولوژیکی بین جمعیت‌های مختلفِ یک گونه، در سایر مطالعات نیز گزارش شده است. برای مثال، نتایج بررسی صفات مورفولوژیکیِ ۲۲ جمعیت بومادران (*A. wilhelmsii* C. Koch)، حاکی از وجود تنوع در صفاتی همچون ارتفاع گیاه، وزن تر و خشکِ گیاه بین جمعیت‌های مورد مطالعه بود (Fekri Qomi *et al.*, 2018). در مطالعه صالحی شانجانی و همکاران (Salehi Shanjani *et al.*, 2019) که به بررسی صفات مورفولوژیکی جمعیت‌های بذری سه گونه بومادران (*A. filipendula*, *A. biebersteinii*, *A. nobilis*) پرداختند، بر وجود تفاوت معنی‌دار در صفاتی مانند قطر گیاه، ارتفاع گیاه، تعداد ساقه گل‌دهنده، قطر گل‌آذین و تعداد گل‌آذین بین جمعیت‌های مختلف هر گونه تأکید شده است.

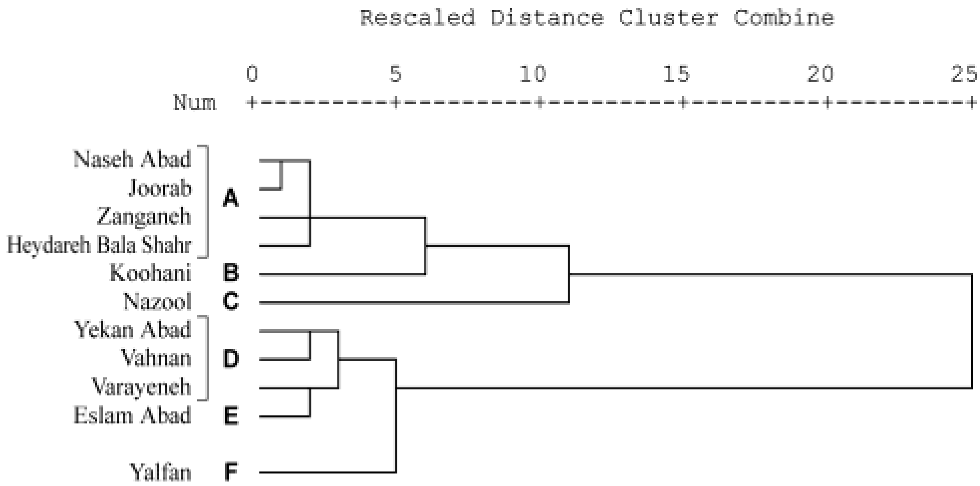
در مطالعه حاضر، بیش‌ترین میزان اسانس، از جمعیت‌های 'ورانیه' و 'نازول' (۰/۶٪) به‌دست آمد و جمعیت 'حیدره بالا شهر'، دارای کم‌ترین میزان اسانس (۰/۳٪) بود (جدول ۲). وجود تنوع در میزانِ اسانسِ جمعیت‌ها و گونه‌های مختلفِ گیاه بومادران در مطالعات دیگر نیز گزارش شده است. عظیمی و همکاران (Azimi *et al.*, 2016) در بررسی تنوع فیتوشیمیایی اسانس ۲۲ جمعیت گیاه بومادران (*Achillea nobilis* L.) گزارش کردند که میزان اسانس از ۰/۳۳ درصد (در جمعیت سمنان) تا ۱/۴۴ درصد (در جمعیت سنندج) متغیر بود. در مطالعه دیگری که روی ۱۵ جمعیت گیاه بومادران (*Achillea millefolium* L.) صورت گرفت، میزان اسانس از ۰/۳۳ درصد (در جمعیت تالش)، تا ۰/۷۲ درصد (در جمعیت رینه) متغیر بود (Kheiri *et al.*, 2013). براساس گزارش سفیدکن و همکاران (Sefidkon *et al.*, 2021)، عملکرد اسانس ۱۷ جمعیت بومادران (*Achillea tenuifolia* Lam.) از مناطق مختلف ایران، از ۰/۱۶ تا ۱/۵۹ درصد متغیر بود.

براساس نتایج GC و GC/MS در مطالعه حاضر، ۲۸ ترکیب در اسانس جمعیت‌های بومادران شناسایی شد (جدول ۳) و کامفور، فراگرانول، آلفا ـ پینن، ۱و۸ ـ سینئول و سابینن، اجزای اصلی تشکیل‌دهنده اسانس بودند. همچنین تنوع زیادی در درصد و نوع اجزای تشکیل‌دهنده اسانس در جمعیت‌های مورد مطالعه وجود داشت. به‌طوری‌که در مورد ترکیب کامفور، بیشترین مقدار در جمعیت 'حیدره بالا شهر' (۴۴/۸۷٪) و کمترین مقدار آن در 'نازول' (۸/۰۶٪) مشاهده شد. بالاترین میزان فراگرانول به جمعیت 'اسلام‌آباد' (۴۳/۲۹٪) و کمترین میزان آن به جمعیت 'حیدره بالا شهر' (۰/۲۰٪) تعلق داشت. بیشترین میزان ۱و۸ ـ سینئول، در جمعیت 'یلفان' (۲۰/۹۰٪) و کمترین میزان آن در جمعیت 'اسلام‌آباد' (۰/۷۴٪) مشاهده شد. بالاترین میزان آلفا ـ پینن (۲۳/۷۸٪) به جمعیت 'ورانیه' و کمترین میزان آن، به جمعیت 'اسلام‌آباد' (۰/۸۲٪) تعلق داشت. بیشترین میزان سابینن مربوط به جمعیت 'نازول' (۲۰/۰۵٪) و کمترین میزان آن، مربوط به جمعیت 'حیدره بالا شهر' (۰/۴۵٪) بود (جدول ۳). نکته حائز اهمیت این است که برخی ترکیبات، تنها در اسانسِ یک یا دو جمعیت، جزء اصلی تشکیل‌دهنده اسانس بودند. برای مثال، ترکیب فراگرانول، فقط در دو جمعیتِ 'اسلام‌آباد' و 'زنگنه'، جزء اصلیِ تشکیل‌دهنده اسانس بود. ترکیب سابینن نیز، تنها در جمعیت 'نازول'، جزء اصلی اسانس را تشکیل می‌داد. موضوع وجود تنوع در درصد و نوع اجزای تشکیل‌دهنده اسانس در آزمایشاتی که در مناطق دیگر نیز انجام شده است، مورد تأیید قرار گرفته است. در بررسی اسانس *A. nobilis* subsp. *neilreichii* جمع‌آوری شده از شهر قونیه ترکیه، اجزای اصلی تشکیل‌دهنده اسانس عبارت بودند از: فراگرانیل استات (۳۲٪)، فراگرانول (۲۴٪) و بتا ـ اودسمول (۸٪) (Demirci *et al.*, 2009). بررسی اسانس بومادران (*A. wilhelmsii* C. Koch) جمع آوری‌شده از کرمانشاه نشان داد که پارا ـ سایمن (۲۳/۳۵٪)، ۱و۸ ـ سینئول (۲۰/۸۳٪)، دی‌هیدروکارون (۱۹/۱۳٪)، کامفور (۶/۶۷٪) و وربانول استات (۳/۵۳٪) ترکیبات اصلی تشکیل‌دهنده اسانس بودند (Ahmadi-Jouibari *et al.*, 2013). در مطالعه دیگری که روی اسانس *A. santolina* جمع‌آوری‌شده از سیستان و بلوچستان انجام شد، اصلی‌ترین اجزای تشکیل‌دهنده اسانس عبارت بودند از: کامفور (۲۶/۲۷٪)، آلفا ـ پینن (۱۰/۱۴٪)، کامفن (۹/۰۹٪) و ۱و۸ ـ سینئول (۸/۲۶٪) (Ahmadi *et al.*, 2011). در مطالعه بادر و همکاران (Bader *et al.*, 2022) که به بررسی تنوع زیستی اسانس *A. ligustica* All. پرداخته‌اند، بر تأثیرگذاری تنوع جغرافیایی بر ترکیباتِ تشکیل‌دهندهٔ اسانسِ نمونه‌های جمع‌آوری‌شده تأکید شده است.

جدول ۳ - ترکیبات تشکیل‌دهنده اسانس جمعیت‌های *A. santolinoides* subsp. *wilhelmsii* (K. Koch) Greuter جمع‌آوری‌شده از رویشگاه‌های مختلف استان همدان

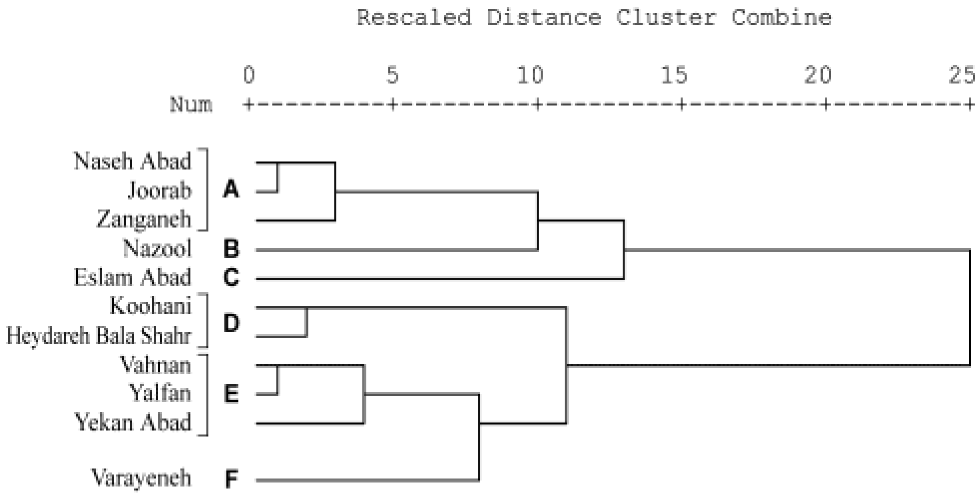
Table 3- Essential oil constituents of *A. santolinoides* subsp. *wilhelmsii* (K. Koch) Greuter populations gathered from different districts of Hamedan province

ردیف Row	شاخص کوانس KI	ترکیبات تشکیل‌دهنده اسانس Essential oil constituents	رویشگاه Habitat										
			کوهانی Koohani	وراینه Varayeneh	اسلام‌آباد Eslam Abad	حیدره بالا شهر Heydareh Bala Shahr	یکن‌آباد Yekan Abad	وهنان Vahnan	یلفان Yalfan	ناصح‌آباد Naseh Abad	جوراب Joorab	زنگنه Zanganeh	نازول Nazool
			درصد (%)										
1	919	Tricyclene	0.26	0.26	0.40	0.53	0.28	0.34	0.48	0.27	0.97	0.46	1.21
2	931	α-Pinene	4.40	23.78	0.82	9.04	14.62	7.49	5.67	8.99	9.70	2.14	8.04
3	948	Camphene	5.66	5.14	0.83	7.96	2.63	6.28	5.96	4.52	2.38	1.24	0.45
4	971	Sabinene	1.24	0.66	-	0.45	1.05	1.14	1.68	7.19	5.16	1.87	20.05
5	976	β-Pinene	1.04	1.36	-	1.44	0.91	1.05	1.22	1.16	0.83	0.53	0.44
6	1016	Isobutyric acid	1.16	0.77	0.55	0.61	0.37	0.81	0.88	1.21	0.34	1.22	2.14
7	1025	para-Cymene	0.70	1.06	-	1.34	1.98	0.71	0.33	1.18	1.58	1.03	1.60
8	1029	Limonene	0.44	0.65	-	1.04	0.32	0.42	-	0.86	0.65	0.41	0.37
9	1031	1,8-Cineole	2.66	5.70	0.74	3.28	15.72	9.96	20.90	4.54	8.06	7.14	5.00
10	1060	γ-Terpinene	0.30	0.24	-	0.25	0.61	0.44	0.78	0.85	2.18	0.46	2.22
11	1070	*cis*-Sabinene hydrate	1.01	0.33	-	-	-	0.46	-	0.37	0.45	0.53	0.24
12	1102	Linalool	1.26	2.15	2.59	0.83	3.81	2.38	1.04	4.18	2.27	1.71	0.38
13	1108	Isopentyl isovalerate	1.03	0.22	0.73	-	0.43	0.55	0.50	0.53	0.57	0.47	0.69
14	1127	2,6-Dimethylphenol	1.01	0.22	0.21	5.00	0.52	1.45	-	0.45	0.48	0.23	0.39
15	1132	Camphenol	0.48	1.21	0.31	0.41	2.62	0.91	0.41	1.03	1.01	0.57	2.53
16	1146	*trans*-Pinocarveol	0.96	1.89	-	4.48	1.25	1.43	0.79	-	1.05	-	-
17	1152	*cis*-Verbenol	-	0.93	-	4.48	0.50	0.93	-	8.90	0.67	2.93	0.79
18	1155	Camphore	33.39	32.15	11.86	44.87	20.85	40.26	41.75	29.59	18.35	10.08	8.06
19	1170	Pinocarvone	2.93	1.04	0.53	0.95	0.32	0.74	0.69	1.55	1.02	0.71	1.78
20	1179	Borneol	1.57	1.99	5.54	0.99	0.83	1.89	1.26	0.81	2.44	1.33	0.55
21	1184	*cis*-Pinocamphone	0.09	0.27	0.10	0.54	0.40	0.10	0.35	0.50	0.17	0.19	0.15
22	1186	Terpinen-4-ol	2.00	2.00	1.00	2.00	1.09	0.63	1.00	1.30	0.60	2.00	0.45
23	1202	α-Terpineol	0.32	0.57	-	1.09	1.81	0.98	1.09	0.72	1.16	0.68	0.89
24	1216	Isophorone<4-methylene>	0.36	0.41	-	-	0.29	0.57	0.27	0.26	-	-	0.22
25	1222	Fragranol	6.07	2.96	43.29	0.20	0.85	0.47	0.27	4.36	3.98	20.40	4.54
26	1227	*trans*-Carveol	0.39	0.48	0.74	0.23	-	0.30	-	0.23	-	-	0.40
27	1589	Caryophyllene oxide	1.71	0.61	0.31	1.62	0.39	1.13	0.49	0.91	0.54	0.48	0.50
28	1665	β-Eudesmol	0.70	1.19	0.41	1.31	0.46	0.69	1.66	0.45	0.63	0.43	0.57
		Total identified	**73.14**	**90.24**	**70.96**	**94.94**	**74.91**	**83.51**	**89.47**	**86.91**	**67.24**	**59.24**	**64.65**



شکل ۲ ـ دندروگرام حاصل از تجزیه کلاستر صفات مورفولوژیکی براساس روش Ward

Figure 2- Dendrogram generated by cluster analysis of morphological traits using Ward method



شکل ۳ ـ دندروگرام حاصل از تجزیه کلاستر اسانس براساس روش Ward

Figure 3- Dendrogram generated by cluster analysis of essential oil using Ward method

همچنین در این مطالعه، اجزای اصلی تشکیل‌دهنده اسانسِ گیاهانِ یکی از مناطق جمع‌آوری شده عبارت بودند از: فراگرانیل استات (۵۴/۳٪) و فراگرانول (۸/۵٪).

در مطالعه حاضر، گروه‌بندی ۱۱ جمعیت بومادران براساس صفات مورفولوژیکی و اسانس، به روش «وارد» صورت گرفت. دندروگرام‌های به‌دست‌آمده از تجزیه خوشه‌ای صفات مورفولوژیکی و اسانس در جمعیت‌های جمع‌آوری‌شده، در شکل‌های ۲ و ۳ آمده است. براساس آنالیز دندروگرام صفات مورفولوژیکی، جمعیت‌های مطالعه شده به دو گروه اصلی تقسیم‌بندی شدند. گروه اول، به سه گروه فرعی شامل A (جمعیت‌های 'حیدره بالا شهر'، 'زنگنه'، 'جوراب' و 'ناصح‌آباد')، B (جمعیت 'کوهانی') و C (جمعیت 'نازول') طبقه‌بندی شد. گروه دوم نیز به سه گروه فرعی شامل D (جمعیت‌های 'وراینه'، 'یکن‌آباد' و 'وهنان')، E ('اسلام‌آباد') و F ('یلفان') تقسیم‌بندی شد.

همچنین براساس آنالیز دندروگرام حاصل از تجزیه کلاستر اسانس، جمعیت‌های مورد بررسی به دو گروه اصلی تقسیم‌بندی شدند. گروه اول، به سه گروه فرعی شامل A (جمعیت‌های 'ناصح‌آباد'، 'جوراب' و 'زنگنه')، B (جمعیت 'نازول') و C (جمعیت 'اسلام‌آباد') طبقه‌بندی شد. گروه دوم، به سه گروه فرعی شامل D (جمعیت‌های 'کوهانی' و 'حیدره بالا شهر')، E (جمعیت‌های 'وهنان'، 'یلفان' و 'یکن‌آباد') و F (جمعیت 'وراینه') تقسیم‌بندی شد. قرار گرفتن جمعیت ها در یک گروه، نشان‌دهنده یکنواختی بیش‌تر در جمعیت‌های آن گروه نسبت به سایر جمعیت‌هاست. از طرفی، قرار گرفتن جمعیت‌ها در دو گروه جداگانه می‌تواند به دلیل تنوع جمعیت‌ها از نظر ژنتیکی و شرایط محیطی محل جمع‌آوری آنها باشد.

جدول ٤ - بررسی همبستگی بین صفات مختلف در ۱۱ جمعیت *A. santolinoides* subsp. *wilhelmsii* (K. Koch) Greuter

Table 4- Investigating the correlation between different traits in 11 populations of *A. santolinoides* subsp. *wilhelmsii* (K. Koch) Greuter

متغیرها Variables	ارتفاع از سطح دریا Altitude	هدایت الکتریکی Electrical conductivity	فسفر قابل دسترس Available phosphorus	پتاسیم قابل دسترس Available potassium	کربن آلی Organic carbon	تعداد ساقه گل‌دهنده Number of flowering stem	قطر گل‌آذین Inflorescence diameter	وزن تر گیاه Fresh weight of plant	وزن خشک گیاه Dry weight of plant	قطر ساقه Stem diameter	طول برگ Leaf length	ارتفاع گیاه Plant height
بارندگی Rainfall	0.30^{ns}	-0.49^{ns}	0.11^{ns}	-0.09^{ns}	-0.20^{ns}	-0.36^{ns}	0.42^{ns}	-0.11^{ns}	-0.13^{ns}	-0.03^{ns}	0.34^{ns}	0.01^{ns}
وزن تر گیاه Fresh weight of plant	0.33^{ns}	-0.12^{ns}	-0.14^{ns}	0.17^{ns}	-0.11^{ns}	0.35^{ns}	0.61*	1	0.96**	0.82**	0.77**	0.60*
وزن خشک گیاه Dry weight of plant	0.29^{ns}	-0.03^{ns}	-0.20^{ns}	0.18^{ns}	-0.15^{ns}	0.29^{ns}	0.68*	0.96**	1	0.78**	0.78**	0.66*
قطر ساقه Stem diameter	0.55^{ns}	-0.19^{ns}	0.12^{ns}	0.35^{ns}	0.21^{ns}	0.44^{ns}	0.43^{ns}	0.82**	0.78**	1	0.64*	0.51^{ns}
دما Temperature	-0.05^{ns}	-0.12^{ns}	0.24^{ns}	0.09^{ns}	-0.005^{ns}	0.12^{ns}	-0.01^{ns}	-0.42^{ns}	-0.51^{ns}	-0.34^{ns}	-0.30^{ns}	-0.74**
عرض برگ Leaf width	0.33^{ns}	0.06^{ns}	-0.08^{ns}	0.34^{ns}	0.13^{ns}	0.13^{ns}	0.54^{ns}	0.59^{ns}	0.63*	0.58^{ns}	0.80**	0.60*
نیتروژن قابل جذب Absorbable nitrogen	0.22^{ns}	0.33^{ns}	0.45^{ns}	0.71*	0.94**	0.32^{ns}	-0.47^{ns}	-0.07^{ns}	-0.12^{ns}	0.24^{ns}	-0.28^{ns}	-0.001^{ns}
تعداد برگ Number of leaf	-0.11^{ns}	0.32^{ns}	-0.03^{ns}	0.04^{ns}	0.20^{ns}	0.69*	-0.32^{ns}	0.40^{ns}	0.31^{ns}	0.47^{ns}	0.04^{ns}	-0.06^{ns}

Table 4 continued ادامه جدول ٤

متغیرها Variables	ارتفاع از سطح دریا Altitude	هدایت الکتریکی Electrical conductivity	فسفر قابل دسترس Available phosphorus	دما Temperature	تعداد ساقه گل‌دهنده Number of flowering stem	وزن تر گیاه Fresh weight of plant	وزن خشک گیاه Dry weight of plant	قطر ساقه Stem diameter	طول برگ Leaf length	عرض برگ Leaf width	تعداد برگ Number of leaf	ارتفاع گیاه Plant height
اسانس Essential oil	0.13^{ns}	-0.04^{ns}	-0.23^{ns}	0.09^{ns}	0.57^{ns}	0.74**	0.65*	0.72*	0.61*	0.64*	0.37^{ns}	0.19^{ns}
کامفن Camphene	-0.36^{ns}	-0.10^{ns}	-0.61*	-0.58^{ns}	-0.50^{ns}	0.05^{ns}	0.06^{ns}	-0.24^{ns}	0.03^{ns}	-0.15^{ns}	-0.27^{ns}	0.40^{ns}
کامفور Camphore	-0.32^{ns}	-0.08*	-0.61*	-0.64*	-0.49^{ns}	0.07^{ns}	0.18^{ns}	-0.13^{ns}	0.12^{ns}	-0.09^{ns}	-0.22^{ns}	0.46^{ns}
۱و۸ - سینئول 1,8-Cineol	-0.15^{ns}	0.45^{ns}	-0.27^{ns}	-0.62*	0.16^{ns}	0.57^{ns}	0.63*	0.37^{ns}	0.39^{ns}	0.20^{ns}	0.61*	0.26^{ns}
سابینن Sabinene	-0.25^{ns}	0.12^{ns}	0.09^{ns}	0.41^{ns}	0.70*	-0.02^{ns}	-0.16^{ns}	0.13^{ns}	-0.48^{ns}	-0.39^{ns}	0.53^{ns}	-0.63*
آلفا - پینن α-Pinene	-0.49^{ns}	0.40^{ns}	-0.43^{ns}	-0.14^{ns}	0.13^{ns}	0.03^{ns}	0.06^{ns}	0.07^{ns}	0.18^{ns}	0.46^{ns}	0.15^{ns}	0.07^{ns}
فراگرانول Fragranol	0.84**	-0.47^{ns}	0.64*	0.39^{ns}	-0.14^{ns}	0.01^{ns}	-0.02^{ns}	0.22^{ns}	0.21^{ns}	0.25^{ns}	-0.37^{ns}	0.12^{ns}

**: معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد   *: معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد   ns: عدم معنی‌داری

ns, *, ** : non-significant and significant at 5 and 1% of probability levels, respectively.

نتایج حاصل از بررسی ضرایب همبستگی صفات اندازه‌گیری‌شده (به روش پیرسون) در جمعیت‌های مورد مطالعه، در جدول ۴ آورده شده است. نتایج جدول همبستگی نشان داد که وزن تر و خشک گیاه، با قطر گل‌آذین، قطر ساقه، طول برگ و ارتفاع گیاه همبستگی مثبت و معنی‌دار داشت. بین طول برگ با عرض برگ، همبستگی مثبت و بسیار معنی‌داری وجود داشت (۰/۸۰)؛ همچنین بین طول برگ با قطر ساقه نیز، همبستگی مثبت و معنی‌داری مشاهده شد (۰/۶۴) (جدول ۴). در مطالعه فکری قمی و همکاران (Fekri Qomi *et al.*, 2018) نیز که به بررسی تنوع جمعیت‌های مختلف *A. wilhelmsii* C. Koch پرداخته‌اند، همبستگی مثبت و بسیار معنی‌داری بین وزن تر و خشک گیاه با ارتفاع گیاه مشاهده شد. وجود همبستگی مثبت و معنی‌دار بین صفات طول برگ با عرض برگ و قطر ساقه، در مطالعه دیگری که به بررسی تنوع ژنتیکی سه توده وحشی بومادران (*A. wilhelmsii*) پرداخته است، گزارش گردید (Taheri *et al.*, 2016).

همچنین براساس نتایج جدول همبستگی، اسانس با صفات وزن تر، وزن خشک، قطر ساقه، طول برگ و عرض برگ همبستگی مثبت و معنی‌دار داشت. همچنین، میزان فراگرانول با ارتفاع از سطح دریا، همبستگی مثبت و بسیار معنی‌دار (۰/۸۴) و با میزان فسفرِ قابل دسترسِ خاک، همبستگی مثبت و معنی‌دار (۰/۶۴) داشت (ادامه جدول ۴). این موضوع در جمعیت 'اسلام‌آباد' با بیشترین میزان فراگرانول (۴۳/۲۹٪)، بالاترین ارتفاع از سطح دریا (۲۲۴۵ متر) و بیشترین مقدار فسفر در خاک، به اثبات رسید. میزان سابینن، همبستگی مثبت و معنی‌داری با تعداد ساقه گل‌دهنده (۰/۷۰) و همبستگی منفی و معنی‌داری با ارتفاع گیاه (۰/۶۳-) داشت. چنان‌که در جدول ۳ مشاهده می‌شود، جمعیت 'نازول' با بالاترین میزان سابینن (۲۰/۰۵٪)، دارای بیشترین تعداد ساقه گل‌دهنده و کمترین ارتفاع گیاه بود.

نتیجه‌گیری

شناسایی ترکیبات موجود در گیاهان بومی ایران می‌تواند راهگشای استفاده کاربردی از ذخایر گیاهی این سرزمین باشد و مبنای برنامه‌های اصلاحی قرار گیرد. در مطالعاتی که روی گونه‌ها و جمعیت‌های مختلف گیاه بومادران انجام شده است، بر کاربرد ارزشمند عصاره و اسانس آن در زمینه‌های گوناگون مانند صنایع دارویی (در جهت استاندارد نمودن فرآورده‌های دارویی حاوی آنها)، غذایی، بهداشتی ـ آرایشی، ساخت حشره‌کش و ... اشاره شده است. پژوهشگرانی که به بررسی اسانس جمعیت‌های مختلف گیاه بومادران در نقاط گوناگون ایران پرداخته‌اند، بر وجود تفاوت قابل‌توجه در نوع و میزان ترکیبات موجود در اسانس تأکید نموده‌اند. در مطالعه حاضر، ترکیباتی همچون کامفور، فراگرانول، آلفا ـ پینن، ۱و۸ ـ سینئول و سابینن، اجزای اصلی تشکیل‌دهنده اسانسِ جمعیت‌ها بودند. از آنجا که فراگرانول در صنایع ساخت حشره‌کش و فرومون کاربرد دارد، جمعیت 'اسلام‌آباد' به دلیل داشتن فراگرانول بالا، می‌تواند در این صنعت مورد استفاده قرار گیرد. همچنین، با توجه به بالا بودن میزان کامفور در اسانس اکثر جمعیت‌های مورد مطالعه و نیز کاربردهای فراوانِ این ترکیب، می‌توان از آن به‌عنوان یک منبع مهم اقتصادی در صنایع بهداشتی ـ آرایشی و صنایع دارویی برای ساخت انواع کرم و پماد استفاده نمود.

References

1. Aburjai, T., & Hudaib, M. (2006). Antiplatelet, antibacterial and antifungal activities of *Achillea falcata* extracts and evaluation of volatile oil composition. *Pharmacognosy Magazine*, *2*(7), 191-197.
2. Adams, R.P. (2001). *Identification of essential oil components by gas chromatography/mass spectrometry*. 4th ed., Allured Publishing Corporation, Carol Stream, USA.
3. Ahmadi, Z., Sattari, M., Tabaraee, B., & Bigdeli, M. (2011). Identification of the constituents of *Achillea santolina* essential oil and evaluation of the anti-microbial effects of its extract and essential oil. *Arak Medical University Journal*, *14*(3), 1-10. (In Persian with English abstract).
4. Ahmadi-Jouibari, T., Nikbakht, M.R., Mansouri, K., & Majnooni, M.B. (2013). Cytotoxic effects of the essential oil from *Achillea wilhelmsii* C. Koch. *Journal of Reports in Pharmaceutical Sciences*, *2*(2), 98-102. https://doi.org/10.4103/2322-1232.222540.
5. Asgary, S., Naderi, G.H., Sarrafzadegan, N., Mohammadifard, N., Mostafavi, S., & Vakili, R. (2000). Antihypertensive and antihyperlipidemic effects of *Achillea wilhelmsii*. *Drugs under Experimental and Clinical Research*, *26*(3), 89-93.
6. Azadbakht, M., Morteza-Semnani, K., & Khansari, N. (2003). The essential oils composition of *Achillea wilhelmsii* C. Koch leaves and flowers. *Journal of Medicinal Plants*, *2*(6), 55-58. (In Persian). http://dorl.net/dor/20.1001.1.2717204.2003.2.6.8.1
7. Azarnivand, H., Ghavam Arabani, M., Sefidkon, F., & Tavili, A. (2010). The effect of ecological characteristics on

quality and quantity of the essential oils of *Achillea millefolium* L. subsp. *millefolium*. *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants*, *25*(4), 556-571. (In Persian with English abstract). https://doi.org/10.22092/ijmapr.2010.7141

8. Azimi, R., Sefidkon, F., Salehi, P., Monfared, A., & Naderi, M. (2016). Phytochemical variation of the essential oils of different populations of *Achillea nobilis* L. *Iranian Journal of Horticultural Science*, *47*(1), 11-20. (In Persian with English abstract). https://doi.org/10.22059/ijhs.2016.58209
9. Bader, A., AlQathama, A., Cioni, P.L., Ceccarini, L., Abdelhady, M.I.S., Al-Shareef, W., Ascrizzi, R., & Flamini, G. (2022). Essential oil biodiversity of *Achillea ligustica* All. obtained from Mainland and Island populations. *Plants*, *11*, 1054. https://doi.org/10.3390/plants11081054
10. British pharmacopoeia. (1988). Vol. 2, London, HMSO, p: A137-A138.
11. Caius, J.F. (2012). *The medicinal and poisonous plants of India*. Scientific Publisher, India.
12. Dehghan, Gh., & Elmi, F. (2014). Essential oil combination of three species of *Achillea* growing wild in East Azarbayjan-Iran. *Advanced Herbal Medicine*, *1*(1), 22-28.
13. Demirci, F., Demirci, B., Gurbuz, I., Yesilada, E., & Baser, K.H.C. (2009). Characterization and biological activity of *Achillea teretifolia* Willd. and *A. nobilis* L. subsp. *neilreichii* (Kerner) Formanek essential oils. *Turkish Journal of Biology*, *33*(2), 129-136. https://doi.org/10.3906/biy-0808-1
14. Fathalipoor, Z., Nabati Ahmadi, D., Rajabi Memari, H., Siyahpoosh, A., & Seddighi Dehkordi, F. (2014). Determination of plant variation using morphological properties and cluster analysis in *Anethum* germplasms. *Journal of Plant Productions* (*Agronomy, Breeding and Horticulture*), *37*(4), 57-67. (In Persian)
15. Fekri Qomi, S., Sefidkon, F., & Salehi Shanjani, P. (2018). Study of morphological characteristics and essential oil of different populations of *Achillea wilhelmsii* C. Koch. *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants*, *34*(4), 579-593. (In Persian with English abstract). https://doi.org/10.22092/ijmapr.2018.116043.2201
16. Ghani, A., Azizi, M., & Tehrani-far, A. (2009). The study of ornamental potential of five wild *Achillea* species cultivated in Mashhad climate conditions. *Journal of Horticultural Sciences*, *23*(2), 25-31. (In Persian). https://doi.org/10.22067/jhorts4.v1388i2.2565
17. Jaimand, K., Rezaee, M.B., & Mazandrani, M. (2008). Investigation on chemical constituents of essential oils from *Achillea wilhelmsii* C. Koch. from two local by distillation methods. *Journal on Plant Science Researches*, *1*(8), 30-35. (In Persian with English abstract)
18. Javidnia, K., Miri, R., & Sadeghpour, H. (2004). Composition of the volatile oil of *Achillea wilhelmsii* C. Koch from Iran. *DARU Journal of Pharmaceutical Sciences*, *12*(2), 63-66.
19. Kesdek, M., Kordali, S., Usanmaz Bozhüyük, A., & Ercişli, S. (2015). The toxicity of essential oils of some plant species against adults of Colorado potato beetle, Leptinotarsa decemlineata (Say) (Coleoptera: Chrysomelidae). *Comptes Rendus de l'Académie Bulgare des Sciences*, *68*(1), 127-136.
20. Kheiry, A., Sefidkon, F., Delshad, M., Fattahi Moghaddam, M.R., & Izadi, A. (2013). Phytochemical variation of essential oils of *Achillea millefolium* L. from different habitats of Iran. *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants*, *28*(4), 767-779. (In Persian with English abstract). https://doi.org/10.22092/ijmapr.2013.2940
21. Koike, T., Kitao, M., Quoreshi, A.M., & Matsuura, Y. (2003). Growth characteristics of root-shoot relations of three birch seedlings raised under different water regimes. *Plant and Soil*, *255*, 303-310. https://doi.org/10.1023/a:1026199402085
22. McLafferty, F.W., & Stauffer, D.B. (1989). *Wiley / NBS registry of mass spectral data*. 7 Volume Set. Wiley, New York.
23. Mozaffarian, V. (1996). *A Dictionary of Iranian Plant Names*. Farhang Moaser Publications, Tehran, p: 11. (In Persian)
24. Mozaffarian, V. (2015). *Identification of medicinal and aromatic plants of Iran*. Farhang Moaser Publishers, Tehran, p: 182. (In Persian)
25. Nemeth, E., & Bernath, J. (2008). Biological activities of yarrow species (*Achillea* spp.). *Current Pharmaceutical Design*, *14*(29), 3151-3167. https://doi.org/10.2174/138161208786404281
26. Omidbaigi, R. (2013). *Approaches of production and products of medicinal plants*. Vol. 1, 7th edition, Tehran, Tarrahan-e-Nashr, p. 154. (In Persian)
27. Rechinger, K.H. (1986). *Flora Iranica*. Graz, Austria Akademische Druck- u. Verlagsanstalt, Wien, Austria Verlag des Naturhistorischen Museums Wien, No. 158, pp: 53-4.
28. Safavi, S.R., Naseh, Y., Jafari, E., Tavakkoli, Z., & Heydarnia, N. (2013). *Flora of Iran* (No. 77): Asteraceae - Tribe Cichorieae. Research Institute of Forests and Rangelands Press, Iran. (In Persian)
29. Salehi, M., & Kalvandi, R. (2020). Evaluation of morphological and phytochemical characteristics changes in different populations of *Stachys inflata* Benth. in Hamedan province. *Journal of Horticultural Science*, *34*(2), 247-260. (In Persian). https://doi.org/10.22067/jhorts4.v34i2.79307
30. Salehi Shanjani, P., Rasoolzadeh, L., Fallah Hoseini, L., Ramezani Yeganeh, M., Amirkhani, M., Pahlavani, M.R.,

& Seyedian, S.E. (2019). Study of morphological characteristics of different *Achillea nobilis*, *A. biebersteinii* and *A. filipendula* populations at two irrigation intervals. *Journal of Plant Research* (*Iranian Journal of Biology*), *32*(3), 596-609. (In Persian with English abstract). https://dorl.net/dor/20.1001.1.23832592.1398.32.3.7.4
31. Sefidkon, F., Abdollahi, M., Salehi Shanjani, P., & Tavakoli, M. (2021). Variability in essential oil content and composition of *Achillea tenuifolia* Lam. populations in field conditions. *Journal of Agricultural Science and Technology*, *23*(3), 673-683. http://dorl.net/dor/20.1001.1.16807073.2021.23.3.8.5
32. Statistical Center of Iran. (2012). Statistical yearbook of Hamedan province, Chapter 1. (In Persian)
33. Taheri, E., Shirzadian-Khorramabad, R., Sharifi-Sirchi, G., Sabouri, A., & Abbaszadeh, K. (2016). Assessment of genetic diversity of three yarrow's wild masses in Hormozgan Province using morphological traits. *Plant Genetic Researches*, *2*(2), 73-82. (In Persian with English abstract).
34. Zargari, A. (1996). *Medicinal Plants*. Vol. 3, 6th ed., Tehran University Publications, Pp. 107-117. (In Persian)